

PCT/JP2004/018002

15.12.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 13 JAN 2005

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 2 月 2 6 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 4 3 2 4 5 6  
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 3 2 4 5 6]

出 願 人  
Applicant(s): 日 本 電 気 株 式 会 社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 8 月 3 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 7 7 5 6 0

【書類名】 特許願  
【整理番号】 34601873  
【提出日】 平成15年12月26日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 B06B 1/06  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 大西 康晴  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 佐々木 康弘  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 土岐 望  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004237  
    【氏名又は名称】 日本電気株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100123788  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 宮崎 昭夫  
    【電話番号】 03-3585-1882  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100088328  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 金田 暢之  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100106297  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 伊藤 克博  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100106138  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 石橋 政幸  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 201087  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0304683

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項 1】**

電界の状態に応じて少なくとも対向する 2 つの面が伸縮運動をする圧電体を有する圧電素子と、

該圧電素子を前記 2 つの面の少なくともいずれかで拘束する拘束部材と、

該拘束部材の周囲に設けられた支持部材と、

両端の各々を該拘束部材と該支持部材とに固定され、前記の拘束される面と略平行な方向に曲げの中立軸を有する複数のはり部材とを有し、

前記拘束部材は、該拘束部材と前記圧電素子との拘束効果で発生した振動が前記はり部材で増幅されることによって振動する、圧電アクチュエータ。

**【請求項 2】**

前記はり部材は直線ばりである、請求項 1 に記載の圧電アクチュエータ。

**【請求項 3】**

前記拘束部材は前記圧電素子を拘束する台座と、該台座から突き出して前記はり部材を構成する複数の腕とを有する、請求項 1 または 2 に記載の圧電アクチュエータ。

**【請求項 4】**

前記拘束部材は、前記圧電体と振動方向が異なる第 2 の圧電素子である、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の圧電アクチュエータ。

**【請求項 5】**

前記圧電素子は、複数の前記圧電体と、該圧電体に電界を印加する複数の電極層とが交互に積層して形成されている、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の圧電アクチュエータ。

**【請求項 6】**

前記圧電素子は前記 2 つの面の少なくともいずれかに絶縁層を有する、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の圧電アクチュエータ。

**【請求項 7】**

前記圧電素子は直方体である、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の圧電アクチュエータ。

**【請求項 8】**

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の圧電アクチュエータと、

該圧電アクチュエータと連結され、該圧電アクチュエータから伝達された振動によって音を放射する振動膜とを有する音響素子。

**【請求項 9】**

前記圧電アクチュエータと前記振動膜との間に振動伝達材をさらに有する、請求項 8 に記載の音響素子。

**【請求項 10】**

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の圧電アクチュエータを有する電子機器。

**【請求項 11】**

請求項 8 または 9 に記載の音響素子を有する電子機器。

**【請求項 12】**

互いに異なる共振周波数を有する請求項 8 または 9 に記載の音響素子を複数個有し、音圧の周波数応答を平準化させる音響装置。

**【請求項 13】**

請求項 12 に記載の音響装置を有する電子機器。

【書類名】明細書

【発明の名称】圧電アクチュエータ

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子機器に用いられる小型圧電アクチュエータに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、スピーカなどの音響素子の駆動源として、その取り扱いの容易さから、電磁式アクチュエータが利用されている。電磁式アクチュエータは永久磁石とボイルコイル、振動板から構成されており、磁石を用いたステータの磁気回路の作用を利用してコイルに固着された有機フィルムなどの低剛性な振動板を振動させるものである。このため、その振動姿態は往復運動状で、大振幅の振動量を得られる特徴がある。

【0003】

ところで、近年携帯電話やパーソナル・コンピュータの需要が増えており、省電力型のアクチュエータの需要が高まっている。しかし、電磁式アクチュエータは、磁力を発生する際にボイスコイルに多くの電流が流れて、消費電力の低減が難しいという課題がある。また、携帯電話やパーソナル・コンピュータへの搭載にあたっては、アクチュエータの小型化が必要となるが、電磁式アクチュエータは、構成部品である永久磁石を薄型化すると磁極の向きの不揃いが生じて安定な磁界が得られないため、振動膜およびボイスコイルの連動を制御することが困難であり、その構成上薄型化が難しい。また、ボイルコイルからの漏洩磁束によって、電子機器を構成する他の電子部品の誤動作を引き起すおそれがあるため、電子機器への適用に対しては電磁シールドなどを施す必要があるが、そのために大きなスペースを要し、この点からも携帯電話などの小型機器への使用は適さない。さらに、ボイスコイルの細線化により抵抗が増大すると、電磁型音響素子の特徴である大電流駆動のため、ボイスコイルが焼損するという問題もある。

【0004】

このため、小型軽量、低消費電力、無漏洩磁束などの特徴を有する圧電素子を駆動源に用いた圧電アクチュエータが、電磁式に代わる薄型振動部品として期待されている。圧電アクチュエータは、薄板形状の圧電素子の伸縮運動すなわち圧電素子の屈曲運動により振動発生をおこなうもので、圧電セラミック素子と恒台座とが接合されて製作される（例えば、特許文献1参照。）。

【0005】

従来の圧電アクチュエータの一例を図22に示す。図中(a)は圧電アクチュエータの分解斜視図を示す。円形の台座202の中央に圧電セラミクスよりなる圧電体203が固定されて圧電素子201が形成され、台座202の外周部が円形の支持部材204に支持されている。圧電体203に所定の交流電圧が印加されると、圧電体203は伸縮運動を行い、圧電体203と台座202との固定部の拘束効果により、台座202に面外方向の曲げが励起され振動を発生する。台座202は、図22(b)に示すように、支持部材204を固定点(節)として、中央部を腹として面外方向に振動する。

【0006】

ところで、圧電アクチュエータは、圧電セラミックの剛性が高いため、電磁式アクチュエータと比較して平均振動振幅が小さいという課題があった。特に、周辺固定の圧電アクチュエータは、振動モードが中央部の変形が卓越する山形形状となるため、平均変形量が小さく、十分な振動振幅を得ることが一層難しい。さらに、圧電セラミックの高い剛性のため、共振周波数近傍の振動量の周波数変化が急激であり、振動振幅の平滑な周波数特性を得ることも困難であった。

【0007】

また、圧電アクチュエータの共振周波数は形状に大きく依存するため、スピーカなどの低周波音響部品に適用する際に共振周波数を低減するためには、圧電セラミック素子の薄板面積の拡大や極度の薄板化が必要となる。しかしながら、セラミック材料は脆性材料で

あるため、面積の拡大や薄板化は、取り扱い時のヒビ割れや電子機器落下時の破壊などの信頼性の低下をもたらし、実用に適さない場合が多い。

【0008】

また、圧電セラミックは振動反力が大きいため、圧電アクチュエータを電子機器に適用する際、支持部を介して、圧電アクチュエータ収納する筐体に振動が伝播しやすい。このような振動漏れが生じると、筐体から異音を発するという課題も生じる。

【0009】

そこで、以上の課題に対処するため、圧電セラミックと台座からなる振動体の周辺部をバネで筐体に支持し、バネ構造物の共振周波数を振動体の共振周波数の近傍に設定して、バネ構造物に大きな振動エネルギーを分担させて大きな振動変位を得る技術が開示されている（例えば、特許文献2参照。）。

【0010】

また、同様の趣旨で、台座の周辺部に円周に沿ってスリットを入れて板バネを形成し、同様の機能を持たせる技術も開示されている（例えば、特許文献3参照。）。

【特許文献1】特開昭61-168971号公報

【特許文献2】特開2000-140759号公報

【特許文献3】特開2001-17917号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献2の技術においては、圧電体の振動変位を大きく増加できるものの、振動体の上下運動のために、振動体平面方向に対して垂直方向にバネを配置する必要があり、圧電アクチュエータの厚みが増加し、薄型化には適さない。また、本特許文献の構成では、筐体にバネと振動板をはさみこんでおり、振動板を最適に位置に配置することが非常に困難である。

【0012】

また、特許文献3の技術においては、台座が略円形でないと板バネの形成が難いため、円形の台座に、円形の圧電セラミックまたは矩形の圧電セラミックを組み合わせることが必要である。前者の場合、圧電セラミックを円形に加工する必要があるため、円形状への加工が必要となったり、その際に不要な部分が形成され歩留まりが悪化したり等、加工の工数やコストが増加する。一方、後者の場合、台座の外周部に圧電セラミックが有効に配置されないため、台座への振動伝達が効率的に行われず、十分な振動変位を得ることが難しくなる。さらに、いずれの場合においても、円板にスリットを設けて板バネを形成することから、作動時に圧電セラミックの支持部に回転運動が誘起され、振動膜を貼付して音響素子として用いる際に音が歪んでしまう。

【0013】

本発明は、以上の状況に鑑みて、外形寸法の増加を避けつつ、振動振幅が大きく、共振周波数の調整が可能であり、高信頼性を有する、電子機器に適用可能な小型薄型圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

以上の課題を解決するため、本発明の圧電アクチュエータは、電界の状態に応じて少なくとも対向する2つの面が伸縮運動をする圧電体を有する圧電素子と、圧電素子を2つの面の少なくともいずれかで拘束する拘束部材と、拘束部材の周囲に設けられた支持部材と、両端の各々を拘束部材と支持部材とに固定され、拘束される面と略平行な方向に曲げの中立軸を有する複数のはり部材とを有している。

【0015】

このように構成された圧電アクチュエータにおいては、拘束部材は、拘束部材と圧電素子との拘束効果で発生した振動がはり部材で増幅されることによって振動する。すなわち、拘束部材の物性、形状、個数や圧電体の重量等で定まる共振周波数で振動を励起される

と、変形量に制約のある圧電体の変形量を抑えながら、主として拘束部材が変形して、圧電体全体を支持部材に対して大きく振動させることができる。また、拘束部材の物性（材料）や個数等を調整することで容易に共振周波数の調整も可能である。したがって、本発明の圧電アクチュエータは、薄型小型で、振動振幅が大きく、外径寸法を変えずに共振周波数の調整が可能で、高い信頼性を有することができる。

【0016】

ここで、はり部材は直線ばりとすることができる。また、拘束部材は圧電素子を拘束する台座と、台座から突き出してはり部材を構成する複数の腕とを有するものであってもよい。

【0017】

拘束部材は、圧電体と振動方向が異なる第2の圧電素子とすることもできる。

【0018】

また、圧電素子は、複数の圧電体と、圧電体に電界を印加する複数の電極層とを交互に積層して形成してもよく、圧電素子は2つの面の少なくともいずれかに絶縁層を有していてもよい。

【0019】

さらに、前記圧電素子は直方体とすることができる。

【0020】

本発明の音響素子は、上記に記載の圧電アクチュエータと、圧電アクチュエータと連結され、圧電アクチュエータから伝達された振動によって音を放射する振動膜とを有している。

【0021】

また、本発明の音響素子は、圧電アクチュエータと振動膜との間に振動伝達材をさらに有していてもよい。

【0022】

本発明の電子機器は、上記に記載の圧電アクチュエータまたは音響素子を有している。

【0023】

本発明の音響装置は、互いに異なる共振周波数を有する上記の音響素子を複数個有し、音圧の周波数応答を平準化させることができる。また、本発明の電子機器は、上記音響装置を有している。

【発明の効果】

【0024】

以上説明したように、本発明の圧電アクチュエータは、主として拘束部材が変形して、圧電体全体を支持部材に対して大きく振動させることができる。また、拘束部材の物性（材料）や個数等を調整することで容易に共振周波数の調整も可能である。さらに圧電アクチュエータを搭載した電子機器が落下したときも、衝撃エネルギーを弾性体である拘束部材が吸収するため、圧電体への衝撃を緩和することができる。このように本発明は、薄型小型で、振動振幅が大きく、外径寸法を変えずに共振周波数の調整が可能で、高い信頼性を有する圧電アクチュエータを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、図面を用いて本発明の実施形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係る圧電アクチュエータの分解斜視図である。圧電素子1aは、セラミックからなる圧電体3aの互いに向きあう面に、上部電極層31a、下部電極層32aが接着固定されて構成されている。接着剤としては、例えばエポキシ系接着剤が使用される。圧電体3aは略直方体形状をしており、図中白抜き矢印に示す厚さ方向に分極されている。圧電体3aは下部電極層32aを介して矩形の台座21aに固定されている。すなわち、台座21aは電界の状態に応じて少なくとも対向する2つの面が伸縮運動をする圧電体を有する圧電素子を2つの面の少なくともいずれかで拘束する拘束部材である。台座21aの材料には、アルミ合金、リンセイ銅、チタン、チタン合金などの金属や、エポキシ、アクリル

、ポリイミド、ポリカーボネートなどの樹脂等、圧電体 3 a を構成するセラミック材料より低剛性の材料を広く用いることができる。なお、圧電体 3 a は直方体である必要はなく、例えば設置スペースとの関係で円筒形その他の形状にすることも可能である。

#### 【0026】

台座 2 1 a の周辺には矩形の中空部を有する支持部材 4 a が設けられ、はり部材 2 2 a が支持部材 4 a と台座 2 1 a との間を連結している。はり部材 2 2 a は台座 2 1 a の各辺から対向する支持部材 4 a の各辺に向かって延びており、両端部は台座 2 1 a、支持部材 4 の接合部で各々固定支持されている。はり部材 2 2 a は台座 2 1 a と同様の材料で製作することができる。

#### 【0027】

なお、支持部材 4 a は特定の形状に限定されるものではなく、穴あき矩形以外に、例えば環状部材（図 1 1 参照）としてもよい。また、はり部材 2 2 a と台座 2 1 a は別々の部材で製作せずに一体構造とすることもできる。一例として、図 2 のように十字型の台座 2 1 b を用いて十字の交差する領域に圧電素子 1 a を設置し、その領域を囲む各辺から延びる直線状の 4 本の腕（はり部材 2 2 b）を周囲の支持部材 4 b に固定することで、各腕をはり部材 2 2 b として機能させることができ、同様の効果が得られる。このような構成にすれば、矩形の素材の 4 隅を切り欠くだけで、台座 2 1 b の一部をはり部材 2 2 b として一体で形成することができ、製作性に優れるとともに、圧電素子 1 a の設置領域とはり部材 2 2 b との接合部の経年劣化のおそれもなく、信頼性も向上する。

#### 【0028】

はり部材 2 2 a は圧電素子 1 a 全体を台座 2 1 a の面外方向に振動させるように曲げ変形する。圧電素子 1 a とはり部材 2 2 a とからなる振動系は、台座 2 1 a の面外方向の曲げ振動に対して一定の固有振動数を有しており、その固有振動数で共振を生じて大きく上下に振動する。固有振動数は、はり部材 2 2 a の物性（主としてヤング率）、断面形状、長さ、個数、台座および圧電体 3 a の重量等によって決まる。以下に振動の発生メカニズムを詳細に説明する。

#### 【0029】

まず、圧電素子 1 a の上部電極層 3 1 a、下部電極層 3 2 a に交流電界を印加すると圧電素子 1 a は伸縮運動を行う。具体的には、圧電素子 1 a は、圧電体 3 a が押しつぶされる変形モード（上部電極層 3 1 a、下部電極層 3 2 a の固定されている面が広がり、圧電体 3 a の高さ（上部電極層 3 1 a と下部電極層 3 2 a との間隔）が縮小する変形モード）と、圧電体 3 a が高さ方向に細長く延びる変形モード（上部電極層 3 1 a、下部電極層 3 2 a の固定されている面が縮小し、圧電体 3 a の高さが伸びる変形モード）とを、電界の向きに従って交替的に繰り返す。この結果、固定面が広がると、台座 2 1 a の表面は、台座部 2 1 a と圧電体 3 a との拘束によって、圧電体 3 a の反対方向に反るよう変形する。逆に固定面が縮むと、台座 2 1 a の表面は圧電体 3 a のある方向に反るよう変形する。これらの運動によって、台座 2 1 a の周縁部は上下方向に振動し、その動きが台座 2 1 a に設けられた複数のはり部材 2 2 a に伝達される。はり部材 2 2 a は支持部材 4 に固定されているため、固定された支持部材 4 a を中心にはり部材 2 2 a およびはり部材 2 2 a に支持された圧電素子 1 a が上下に大きく振動する。

#### 【0030】

図 3 には圧電アクチュエータの振動モードを概念的に示す。はり部材 2 2 a の変形が相対的に大きく、圧電体 3 a の変形は相対的に小さいため、図 2 2 (b) に示したような山形の振動モードではなく、ピストン型の振動モードとなる。このため、圧電体 3 a に大きな変形や歪を与えることなく、圧電素子 1 a を上下方向に大きく往復運動させることができる。

#### 【0031】

本発明の圧電アクチュエータはさらに以下の利点を有する。

#### 【0032】

まず、本発明の圧電アクチュエータの振動特性は、はり部材 2 2 a の材料特性、個数、

幅、長さ等を変化させることによって容易に変えることができる。したがって、振動特性の異なる圧電アクチュエータを製作する場合にも、はり部材 22a だけを変更すればよく、外形寸法を変えることなく、容易に共振周波数を変更することができる。さらに、部材の標準化、共通化の範囲が拡大するため、コストの低減にも寄与する。

#### 【0033】

また、圧電素子 3a や支持部材 4a は形状の制約がないため、搭載機器の設置スペースへの適合性が優れている。特に、本発明の圧電アクチュエータは圧電素子 3a を矩形形状とすることができ、台座 21a およびはり部材 22a の形状も単純なものとすることができるため、円形の圧電素子と比べ製作性に優れる。

#### 【0034】

また、高価な圧電素子を極端に薄型化せずに圧電アクチュエータの共振周波数の低減が可能であるため、圧電素子の強度の確保が容易である。さらに、従来の圧電アクチュエータは、搭載されている電子機器の落下時に、セラミック部が衝撃歪みを受けて、割れなどの破壊が生じやすかったが、本発明では、衝撃歪は主にはり部材 22a に吸収されるため、セラミック部への衝撃歪を回避することができ、機械的な信頼性が向上する。これらの点から、低周波音響素子の実現も安価かつ容易に行える。

#### 【0035】

また、支持部材 4 とはり部材 22a は完全に接合固定されているため、接合部は圧電アクチュエータ振動時に振動の節になる。このため、振動が圧電アクチュエータから接合部を介して電子機器側に伝播しにくく、接合部の振動による疲労破壊や異音発生のおそれが低下し、信頼性が向上する。

#### 【0036】

以上のように、本発明の圧電アクチュエータは簡易な構造で、信頼性が高く、製作性にも優れ、大振幅振動を容易に得ることができる。

#### 【0037】

なお、本圧電アクチュエータは携帯電話に適用されるにとどまらず、例えば、変位量または振動量を圧電アクチュエータの印加電気量により調整することによって、カメラモジュールなどの機能部品に高精度なズーム機能や、手ぶれ調整機能を付与することができる。したがって、本圧電アクチュエータを搭載した電子機器の工業的価値も高まる。

#### 【0038】

図 4 には本発明の第 2 の実施形態の圧電アクチュエータの概念的断面図を示す。図 5 には本実施形態の圧電アクチュエータの振動モードを示す。一般に圧電体の厚み方向に分極された 2 枚の圧電体を貼り合わせて形成した圧電アクチュエータをバイモルフというが、本実施形態は本発明の趣旨をバイモルフに適用したものである。図 4 に示すように、圧電素子 1c は、上部圧電体 3c と下部圧電体 3c' とが接合され、その中間に絶縁層 36 を挟んだ積層構造となっている。より詳細には、上部圧電体 3c は上部電極層 31c と下部電極層 32c とに挟まれ、下部圧電体 3c' は上部電極層 31c' と下部電極層 32c' とに挟まれ、下部電極層 32c と上部電極層 31c' との間に絶縁層 36 が配置されている。すなわち、本圧電アクチュエータは、下部圧電体 3c' と上部電極層 31c' と下部電極層 32c' とを有する第 2 の圧電体を有する。また、上部圧電体 3c と下部圧電体 3c' の分極方向は、図中白抜き矢印に示すように、相互に逆方向を向いている。なお、絶縁層 36 は台座 21a でもよい。すなわち、実施形態 1 において、台座 21a の下側に上部電極層 31a、圧電体 3a、下部電極層 32a を鏡対称に設けたような構造でもよい。

#### 【0039】

圧電素子 1c に交流電界を印加すると、上部圧電体 3c と下部圧電体 3c' の一方が伸びて他方が縮むため、圧電素子 1c は、図 5 に示すように、上部圧電体 3c と下部圧電体 3c' との相互拘束効果によって、自己屈曲振動を行うことができる。したがって本実施形態の圧電素子 1c では、台座部を設ける必要がない。さらに、各電極に第 1 の実施形態と同じ交流電圧を印加した場合、電界強度は 2 倍、駆動力は 2 倍になり振動振幅量は 4 倍になる。



## 【0040】

図6には本発明の第3の実施形態の圧電アクチュエータの概念的断面図を示す。図面では圧電素子のみを記載しているが、はり部材や支持部材は、例えば第1の実施形態と同様に構成できる。圧電素子1dは、圧電体3dと電極層31dとを交互に積層した積層構造で形成されている。各圧電体3dは分極方向が交互に逆向きになっており、また、電界の向きも交互に逆向きとなるよう配線されている。このため、電界を付加すると、すべての圧電体3dが同じように変形するため、振動変位量は圧電体の層数に比例して増大する。

## 【0041】

図7には本発明の第4の実施形態の圧電アクチュエータの概念的断面図を示す。本実施形態は、第2の実施形態において各圧電体の上下および中央部に絶縁層を設けたものである。すなわち、上部圧電体3eは上部電極層31e、下部電極層32eに挟まれており、下部圧電体3e'は上部電極層31e'、下部電極層32e'に挟まれている。また、上部電極層31eの上部には上部絶縁層33eが、下部電極層32e'の下部には下部絶縁層33e'が設けられている。さらに、下部電極層32eと上部電極層31e'の間には中間絶縁層35eが設けられている。このような層構成とすることによって、金属の台座を用いて接合しても台座に電気漏洩が生じないため、安全な取り扱いが可能になる。

## 【0042】

図8には本発明の第5の実施形態の圧電アクチュエータの概念的断面図を示す。本実施形態の圧電素子1fは、台座21fの下方に振動膜34を接合したものである。振動膜34の基材としては、紙や、ポリエチレンテレフタレートなどの有機フィルムを用いることができる。振動膜34によって、共振周波数近傍の急峻な振動の変化が抑制でき、平潤な音圧・周波数特性を有するスピーカ、レシーバなどの音響素子を実現できる。また、振動膜34の基材として絶縁材料である有機フィルムを用いると、基材上にメッキ技術などにより圧電素子21fへの金属配線を施すことができ、金属配線を電気端子リードとして利用できる。そして、電極材料の導通などを回避することができるため、信頼性が向上する。なお、振動膜34は圧電素子1fと台座21fの間に設けてもよい。

## 【0043】

さらに、振動膜と台座21fの接合の際に、ゴム、発砲ゴムなどの振動伝達材を介して接合するとより高い平潤効果が得られる。また、共振周波数の異なる複数個の圧電アクチュエータに振動膜を接合し、電子機器に適用すると、広範囲の周波数にわたり音圧が平潤な音響装置ができる。

## 【実施例】

## 【0044】

本発明の圧電アクチュエータの特性評価を下記実施例1～9、比較例1～4によって行い、本発明の効果を評価した。以下に評価項目を示す。

(評価1) 共振周波数の測定：交流電圧1V入力時の共振周波数を測定した。

(評価2) 最大振動速度振幅：交流電圧1V印加、共振時の最大振動速度振幅を測定した。

(評価3) 平均振動速度振幅：図9に示すように、圧電素子の長手方向に均一に分割された測定点20点において振動速度振幅を測定し、これらの平均値を算出した。

(評価4) 振動形態：図10で示すように、振動速度比を平均振動速度振幅/最大振動速度振幅と定義して振動形態を判断した。振動速度比が小さいときは、図10(a)のような屈曲(山形)運動を示す。振動速度比が大きいときは、図10(b)のような往復(ピストン型)運動を示す。ここでは、振動速度率が80%以上の場合は往復運動、振動速度率が80%未満の場合は屈曲運動とした。

(評価5) Q値：交流電圧1V印加、共振時のQ値を測定した。Q値が低いほど、音圧周波数特性が平潤である。

(評価6) 音圧レベルの測定：交流電圧1V入力時の音圧レベルを測定した。

(評価7) 落下衝撃試験：圧電アクチュエータを搭載した携帯電話を50cm直上から、5回自然落下させ、落下衝撃安定性試験を行った。具体的には、落下衝撃試験後の割れ等

の破壊を目視で確認し、さらに、試験後の音圧特性を測定した。

#### 【0045】

##### (実施例1)

図11(a)、(b)に示す圧電アクチュエータを作製した。図11(a)には台座、はり部材、および支持部材の上面図を示す。また、図11(b)には圧電素子の分解斜視図を示す。実施例1の圧電アクチュエータは、圧電素子101aと、台座121aと、支持部材104aと、はり部材122aとを有している。圧電素子101aは台座121aにエポキシ系接着剤で接合されており、台座121aは4つのはり部材122aを介して、支持部材104aに接続されている。

#### 【0046】

圧電素子101aは、図11(b)のように、上部絶縁層133a、上部電極層131a、圧電体103a、下部電極層132a、下部絶縁層133a'から構成される単層型圧電素子である。上部絶縁層133aおよび下部絶縁層133a'は、長さ10mm、幅10mm、厚さ50 $\mu$ mである。圧電体103aは、長さ10mm、幅10mm、厚さ300 $\mu$ mである。上部電極層131a、下部電極層132aは厚さ3 $\mu$ mである。従って、圧電素子101aの形状は一辺10mmの正方形で、厚さ約0.4mmである。

#### 【0047】

圧電体103a、上部絶縁層133a、下部絶縁層133a'はジルコン酸チタン酸鉛系セラミックを用い、上部電極層131a、下部電極層132aは銀/パラジウム合金(重量比70%:30%)を用いた。圧電素子の製造はグリーンシート法により行い、大気中で1100℃、2時間焼成させた。そして、電極層を結線する外部電極として厚さ8 $\mu$ mの銀電極を形成して、圧電体103aに分極処理を施し、上部絶縁層133aの表面に設けた電極パット136aを8 $\mu$ mの銅箔で接合し結線した後、 $\phi$ 1mm、高さ0.5mmのはんだ部(図示せず)を介して、2本の $\phi$ 0.2mmの電極端子リード線115を接合した。

#### 【0048】

台座121aはリン青銅製で、厚さ0.05mmである。台座121aは、切断加工により図11(a)の形状に調整した。また、台座121aに取り付く4つのはり部材122aはSUS304製で、すべて幅4mm、長さ4mm、厚さ0.2mmの同一形状を有し、環状の支持部材104aに接続している。

#### 【0049】

以上のようにして作製された本実施例の圧電アクチュエータは、直径16mm、厚さ0.45mmの円形、小型薄型の圧電アクチュエータである。振動姿態は図10(b)に示す往復運動であり、共振周波数は529Hz、最大振動速度振幅は180mm/s、最大振幅量変化は0.83であった。

#### 【0050】

##### (比較例1)

実施例1の効果を説明するために、図12で示す従来型の圧電アクチュエータを作製した。長さ16mm、幅8mm、厚さ0.4mmの圧電素子1101aを実施例1と同様な方法で作製し、金属板1105(リン青銅、厚さ0.1mm)を接合して圧電アクチュエータを作製し、両端を支持部材1104aに支持させた。

#### 【0051】

作製した圧電アクチュエータの振動姿態は図10(a)に示す屈曲運動で、共振周波数は929Hz、最大振動速度振幅は1480mm/s、最大振幅量変化は0.47であった。

#### 【0052】

実施例1と比較例1とを比較することにより、低い共振周波数を有し、振動振幅が大きく、平滑な振動振幅を有する圧電アクチュエータが実現できることが確認された。

#### 【0053】

##### (実施例2)

実施例 2 では、台座に取り付くはり部材の数を、実施例 1 の 4 個から 2 個に変更し、共振周波数がどの程度低減するかを確認した。図 13 に示すように、はり部材の個数以外の条件は実施例 1 と同様で、圧電アクチュエータの形状は厚さ 0.45 mm、16 mm の円形である。圧電アクチュエータの振動姿態は往復運動であり、共振周波数は 498 Hz、最大振動速度振幅 172 mm/s、最大振動量変化は 0.86 であった。

#### 【0054】

実施例 1 と 2 とを比較することにより、はり部材の個数を変更することで、振動形態や振動速度振幅を大きく変化させることなく、共振周波数を低減できることが確認された。

#### 【0055】

##### (実施例 3)

実施例 3 では、実施例 2 の構成において、台座の材質をリン青銅製から SUS304 に変更した。その他の条件は実施例 2 と同じである。圧電アクチュエータの振動姿態は往復運動であり、共振周波数は 572 Hz、最大振動速度振幅 189 mm/s であった。

#### 【0056】

実施例 2 と 3 とを比較することにより、台座の材質を変更することで、アクチュエータの形状、振動形態、および最大振動速度振幅を大きく変えることなく、共振周波数を調整できることが確認された。

#### 【0057】

##### (実施例 4)

実施例 4 では、振動方向が異なる 2 枚の圧電素子を用いて、バイモルフ型圧電アクチュエータを作製した。図 14 に示すように、圧電素子 101c は同一形状の圧電体 103c、103c' を振動方向が異なるように接合したものである。圧電体 103c、103c' は 10 mm の正方形、厚さ 0.2 mm である。したがって、圧電素子 101c の形状は、実施例 2 と同じである。また、圧電素子以外の構成はすべて実施例 2 と同じである。

#### 【0058】

圧電アクチュエータの振動姿態は往復運動であり、共振周波数は 487 Hz で、最大振動速度振幅は 352 mm/s であった。

#### 【0059】

実施例 2 と 4 とを比較することにより、振動方向が異なる 2 枚の圧電板を接合させたバイモルフ型圧電素子を用いることで、最大振動変位量を大きく増加できることが確認された。

#### 【0060】

##### (実施例 5)

実施例 5 では、実施例 2 に対して、圧電素子を単層型から積層型に変更した。本実施例の積層型の圧電素子 101d は 3 層型の積層型圧電素子で、図 15 で示されるように、上部絶縁層 133d と、4 枚の電極層 131d と、3 枚の圧電体 103d と、下部絶縁層 133d' とが積層されて構成されている。上部絶縁層 133d と下部絶縁層 133d' は一辺 10 mm の正方形で、厚さ 80  $\mu$ m である。圧電体 103d は一辺 10 mm の正方形で、厚さ 80  $\mu$ m である。電極層 131d は一辺 10 mm の正方形で、厚さ 3  $\mu$ m である。従って、圧電素子 101d は一辺 10 mm の正方形で、厚さ約 0.4 mm である。また、圧電アクチュエータの形状は、実施例 2 と同じく、厚さ 0.45 mm、16 mm の円形である。

#### 【0061】

上部絶縁層 133d、下部絶縁層 133d'、圧電体 103d は、ジルコン酸チタン酸鉛系セラミックスを用いた。電極層 131d は銀/パラジウム合金（重量比 70% : 30%）を用いた。圧電素子 101d の製造はグリーンシート法により行い、大気中で 1100℃、2 時間焼成させた。そして、図 11 と同様に、各電極層 131d を結線する銀電極を形成した後、圧電体 103d の分極の向きを揃える分極処理を施し、上部絶縁層 133d の表面に設けた電極パッド（図示せず）を銅箔で接合し、結線した。

#### 【0062】

圧電アクチュエータの振動姿態は往復運動であり、共振周波数は495 Hz、最大振動速度振幅518 mm/sであった。

【0063】

実施例2と5とを比較することにより、圧電素子を積層構造にすることで、共振周波数を変化させずに、最大振動速度振幅を大きく増加できることが確認された。

【0064】

(実施例6)

本実施例では、図16に示すように、実施例4のバイモルフ圧電素子において、2枚の圧電板の間に絶縁層135eを設けた。絶縁層135eには、0.1 mm厚のポリエチレンテレフタレート(PET)フィルムを用いた。実施例6の構成は、実施例4に対して絶縁層135eを追加した点のみが異なり、その他の構成は実施例4と同一である。本実施例の圧電アクチュエータ厚さは、実施例2に対して絶縁層135eの分だけ0.1 mm増え、0.55 mmである。

【0065】

圧電アクチュエータの振動姿態は往復運動であり、共振周波数は442 Hz、最大振動速度振幅186 mm/sであった。また、同条件で素子を50個製造したところ、すべての素子で電気漏洩が確認されず、安全な取り扱いが可能な素子であることが確認された。

【0066】

実施例4と6とを比較することにより、圧電素子に絶縁層を設けることで、台座に金属を用いた場合でも電気漏洩が抑制され、安全な取り扱いが可能で、振動変位量が多い圧電アクチュエータが実現できることが確認された。

【0067】

(実施例7)

本実施例では、図17に示すように、実施例2の圧電アクチュエータに振動膜134fを接合して音響素子39を作成し、振動膜134fに伝達された振動により音を放射させた。具体的には、台座121fの裏側に、0.05 mm厚のポリエチレンテレフタレート(PET)フィルムからなる振動膜134fを貼付した。

【0068】

音響素子の共振周波数は483 Hz、Q値は8.76、音圧レベルは98 dBであった。

【0069】

(比較例2)

実施例7の圧電アクチュエータの効果を比較するために、図18に示すように、従来型の圧電音響素子を作製した。この音響素子は比較例1の圧電アクチュエータ(図12参照)に実施例7と同様の振動膜134f'を貼り付けたものである。作製した音響素子の共振周波数は796 Hz、Q値は37、音圧レベルは79 dBであった。

【0070】

実施例7と比較例2とを比較することにより、周波数帯域が広く、平潤な音圧周波数特性を有し、高い音圧レベルを有する音響素子を実現できることが確認された。

【0071】

(実施例8)

本実施例では、実施例7の音響素子39において、図19(a)に示すように、圧電素子101gと振動膜34gとの間に円錐形のコイルバネ38を振動伝達部材として介在させた。コイルバネ38は、図19(b)に示すように、厚さ0.2 mm、最小コイル半径2 mm、最大コイル半径4 mmで、ステレンス鋼線により形成されている。最小コイル半径面は台座121gに、最大コイル半径面は振動膜34gにエポキシ系接着剤によって接合されている。コイルバネ38を設けた点を除き他の構成は実施例7と同様である。実施例7の音響素子の厚さは実施例2の素子の厚さにコイルバネ38の厚さ0.2 mmが加わり、0.7 mmである。

【0072】

作製した音響素子の共振周波数は457Hz、Q値は9.8、音圧レベルは108dBであった。

【0073】

実施例7と8とを比較することにより、振動膜と圧電アクチュエータとの間に振動伝達部材を介在させることで、共振周波数を低減でき、さらに音圧レベルを向上できることが確認された。

【0074】

(実施例9)

図20に示すように、実施例7の音響素子39を携帯電話51に搭載し、音響素子39の30cm距離の音圧レベルと音圧周波数特性を測定した。共振周波数は501Hz、音圧周波数特性は平潤な特性であり、Q値は8.12、音圧レベルは95dBであった。また、落下衝撃試験を行った結果、5回落下後においても圧電素子の割れが確認できず、5回落下後に音圧レベル測定をしたところ、94dBを示した。

【0075】

(比較例3)

比較例2の圧電音響素子を携帯電話51に搭載した。実施例9と同様に、音響素子30cm距離の音圧レベルと音圧周波数特性を測定したところ、共振周波数は821Hz、音圧周波数特性は凹凸が激しい特性になり、音圧レベルは75dBであった。また、落下衝撃試験を行ったところ、2回落下後に圧電素子の割れが確認され、この時点での音圧を測定したところ、60dB以下になった。

【0076】

実施例9と比較例3とを比較することにより、実施例9の音響素子を携帯電話に搭載することで、周波数帯域が広く、高い音圧を有し、平潤な音圧周波数特性で音を再生できることが確認された。また、本発明の音響素子は、落下衝撃安定性が高いことが確認された。

【0077】

(比較例4)

図21に示すように、比較例4の電磁式音響素子61を携帯電話に搭載した。本比較例の音響素子は、永久磁石62、ボイスコイル63、振動板64から構成され、ボイスコイル63に電気端子65から電流を流して磁力を発生させ、発生した磁力により振動板64に吸引と反発を繰り返させて、音を発生させた。振動板64の周囲は連結部材66によって筐体67に接続している。比較例4の音響素子は、直径20mmの円形で、厚さ2.5mmである。実施例9と同様に、音響素子の30cm距離の音圧レベルと音圧周波数特性を測定したところ、共振周波数は730Hz、音圧レベルは73dBであった。

【0078】

実施例9と比較例4とを比較することにより、本発明の音響素子を携帯電話に搭載することで、従来の電磁式型音響素子に比べ、周波数帯域が広く、高い音圧で音の再生が可能であることが確認された。

【0079】

以上、発明を実施するための最良の形態、および実施例1～9、比較例1～4の結果で詳細に説明したように、本発明の圧電アクチュエータは、薄型小型で、振動振幅が大きく、外径寸法を変えずに共振周波数の調整が可能で、しかも高い信頼性を有しており、電子機器等への幅広い応用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図1】 本発明の第1の実施形態に係る圧電アクチュエータの分解斜視図である。

【図2】 圧電アクチュエータの台座の他の実施形態を示す平面図である。

【図3】 図1に示す圧電アクチュエータの振動モードの概念図である。

【図4】 本発明の第2の実施形態に係る圧電アクチュエータの概念的断面図である。

【図5】 図4に示す圧電アクチュエータの振動モードの概念図である。

- 【図 6】本発明の第 3 の実施形態に係る圧電素子の概念的断面図である。  
【図 7】本発明の第 4 の実施形態に係る圧電素子の概念的断面図である。  
【図 8】本発明の第 5 の実施形態に係る圧電アクチュエータの概念的断面図である。  
【図 9】平均振動速度振幅の測定点の説明図である。  
【図 10】振動形態と振動速度比の説明図である。  
【図 11】実施例 1 に係る圧電アクチュエータの平面図および分解斜視図である。  
【図 12】比較例 1 に係る圧電アクチュエータの概念的断面図である。  
【図 13】実施例 2 に係る圧電アクチュエータの平面図である。  
【図 14】実施例 4 に係る圧電素子の概念的断面図である。  
【図 15】実施例 5 に係る圧電素子の分解斜視図である。  
【図 16】実施例 6 に係る圧電素子の概念的断面図である。  
【図 17】実施例 7 に係る音響素子の概念的断面図である。  
【図 18】比較例 2 に係る音響素子の概念的断面図である。  
【図 19】実施例 8 に係る音響素子の概念的断面図である。  
【図 20】実施例 8 に係る音響素子の携帯電話への取付け状況図である。  
【図 21】比較例 4 に係る音響素子の概念的断面図である。  
【図 22】従来の圧電アクチュエータの分解斜視図および振動モードの概念図である。

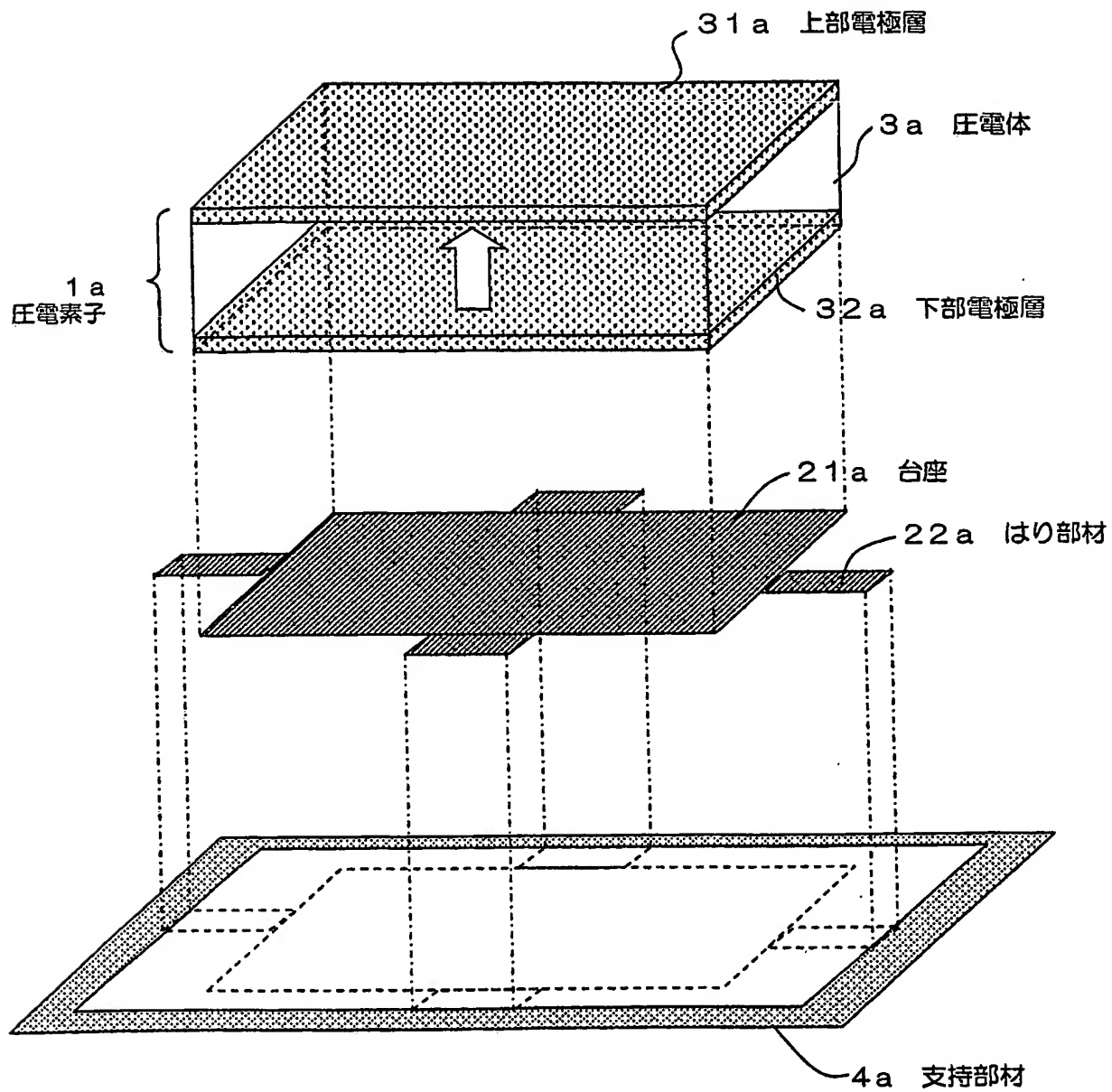
。【符号の説明】

【0081】

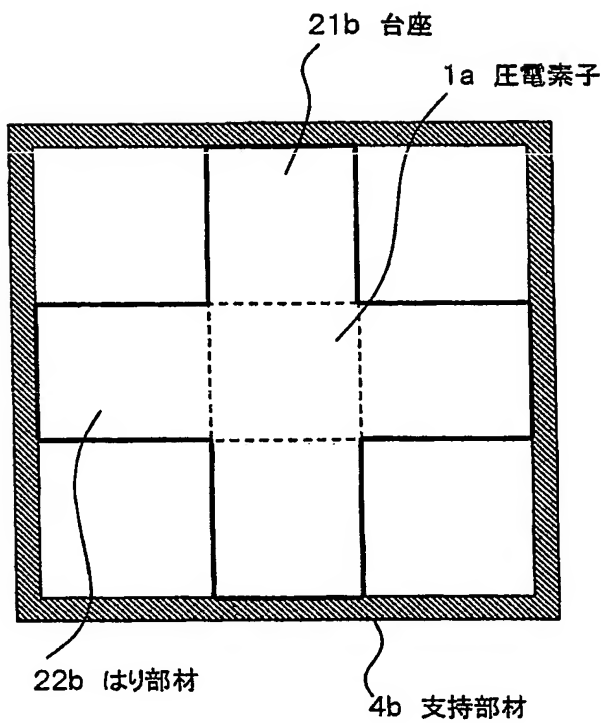
- 1 a、1 c、1 d、1 e、1 f      圧電素子  
3 a、3 d、3 e      圧電体  
3 c      上部圧電体  
3 c'      下部圧電体  
21 a、21 b、21 f      台座  
22 a、22 b、22 c      はり部材  
4 a、4 b、4 c      支持部材  
31 a、31 c、31 c'、31 d、31 e、31 e'      上部電極層  
32 a、32 c、32 c'、32 e、32 e'      下部電極層  
33 e      上部絶縁層  
33 e'      下部絶縁層  
34      振動膜  
35      中間絶縁層  
36      絶縁層

【書類名】 図面

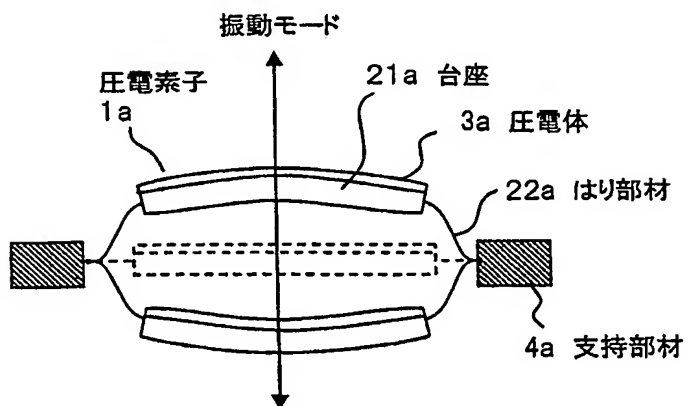
【図 1】



【図 2】

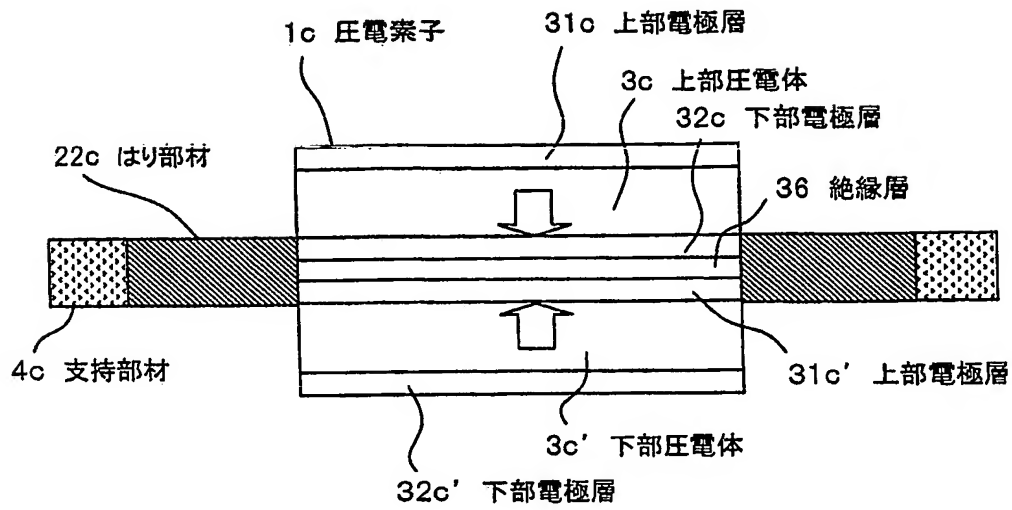


【図 3】

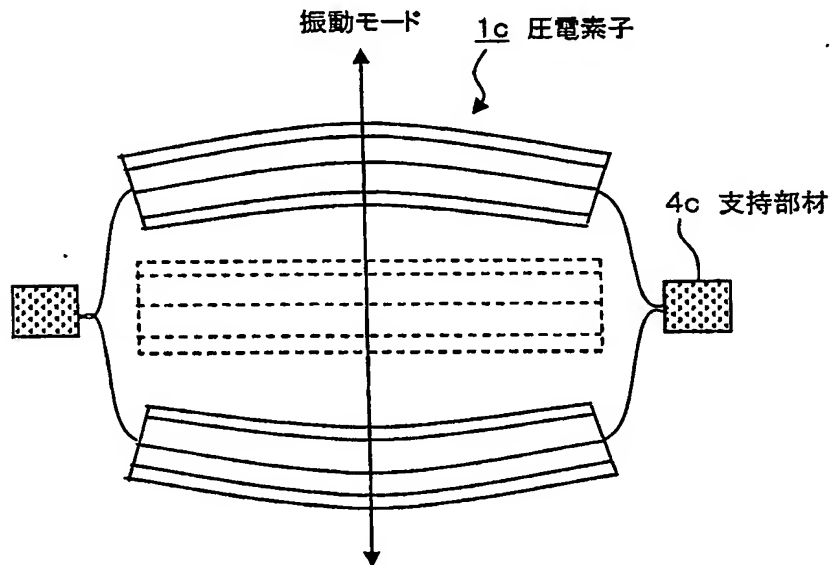




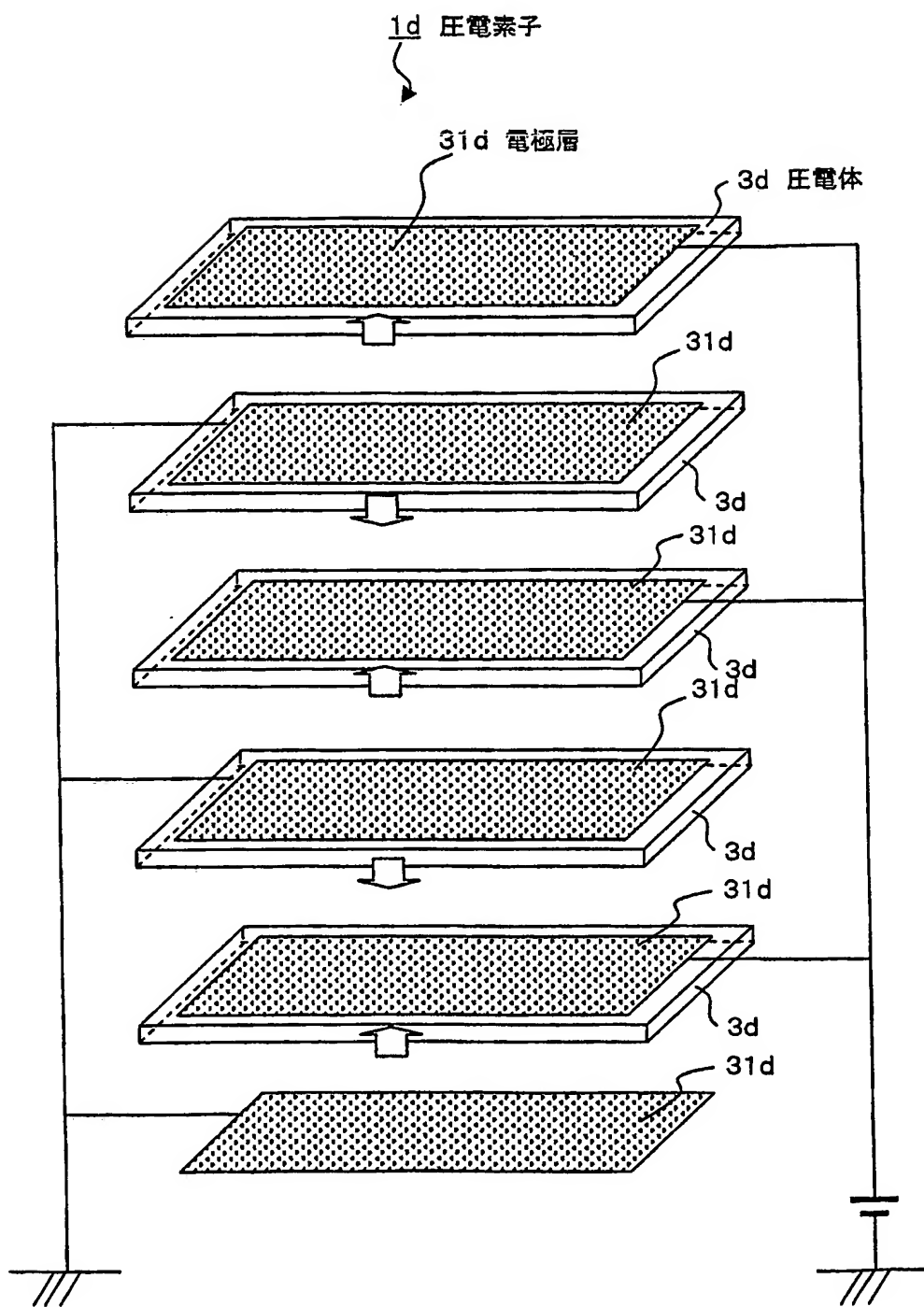
【図 4】



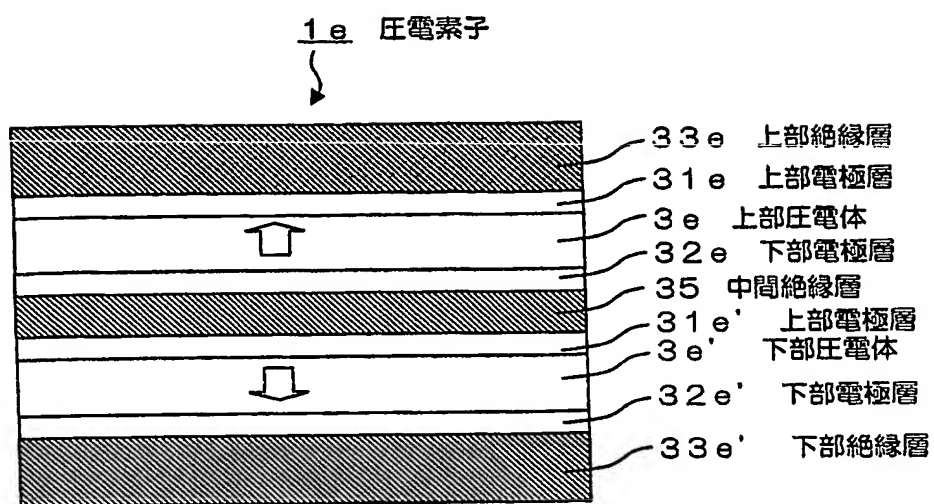
【図 5】



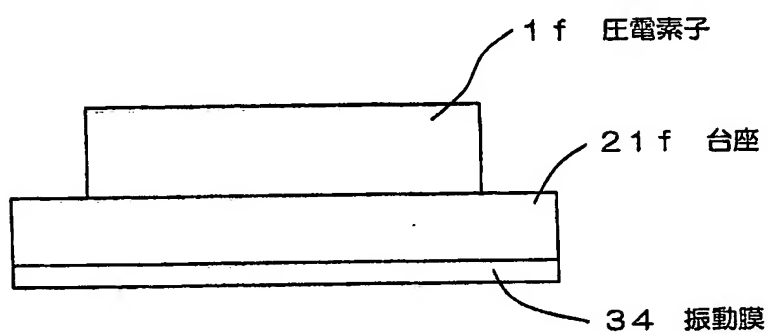
【図 6】



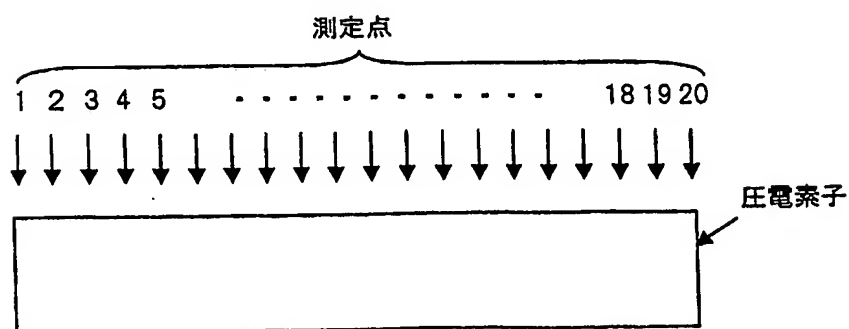
【図 7】



【図 8】



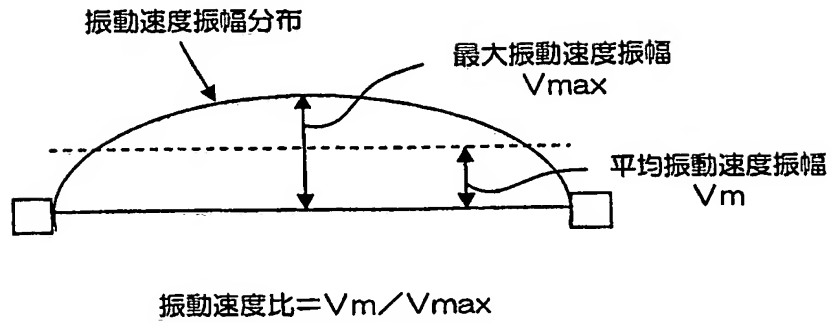
【図 9】



【図 10】

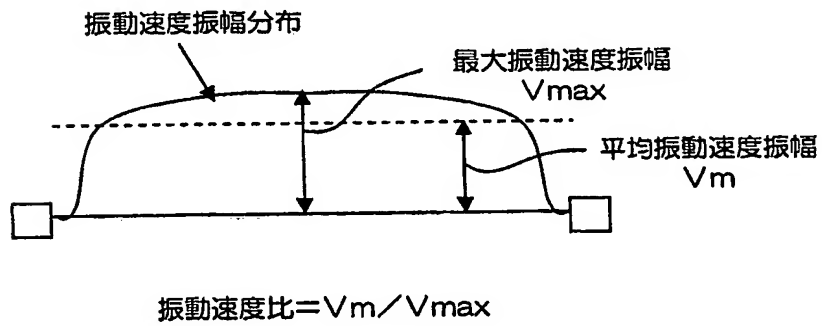
(a)

屈曲（山形）運動

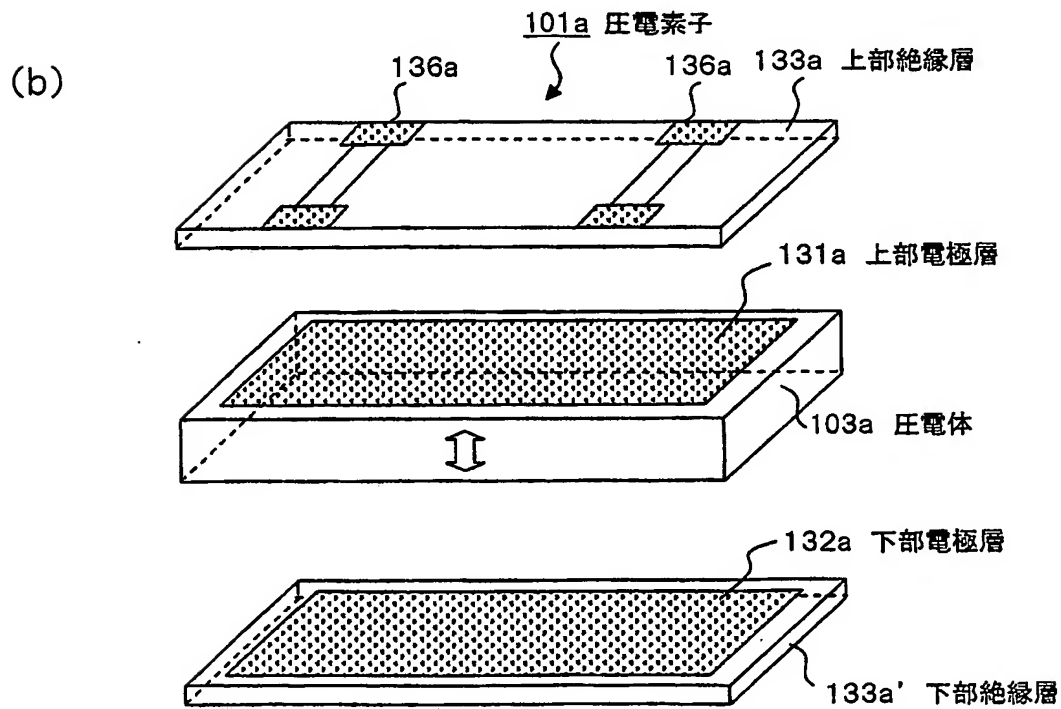
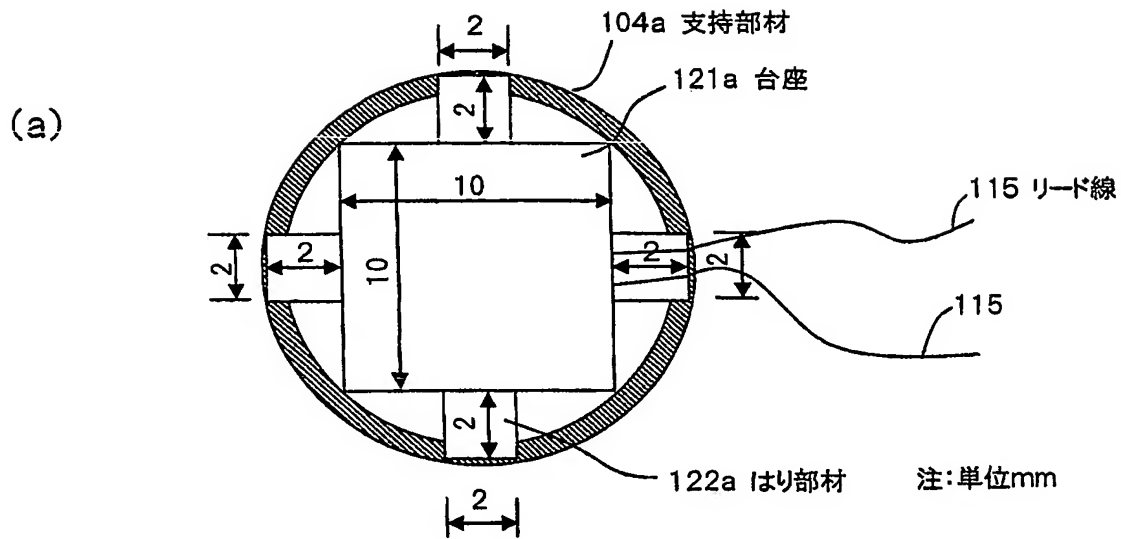


(b)

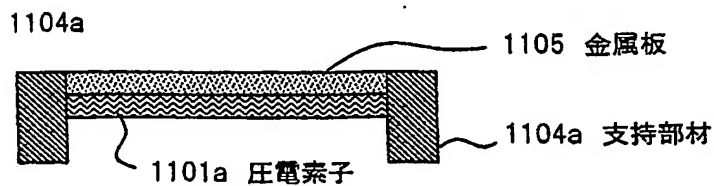
往復（ピストン型）運動



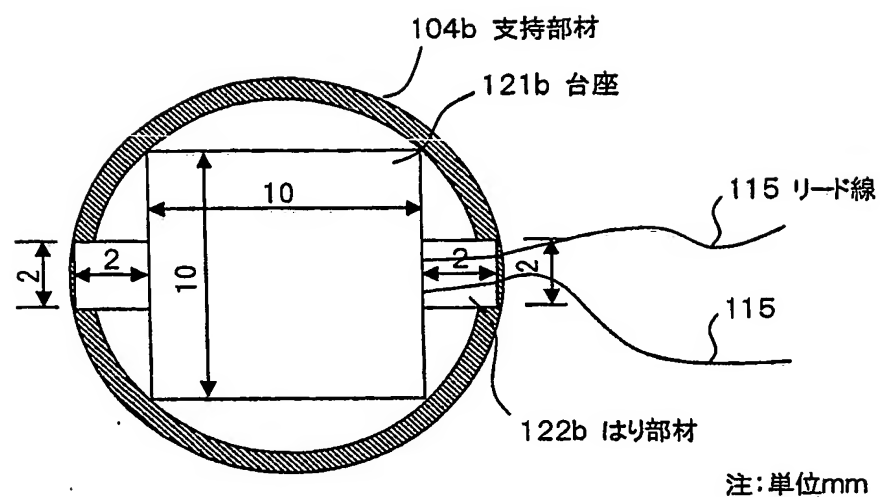
【図 11】



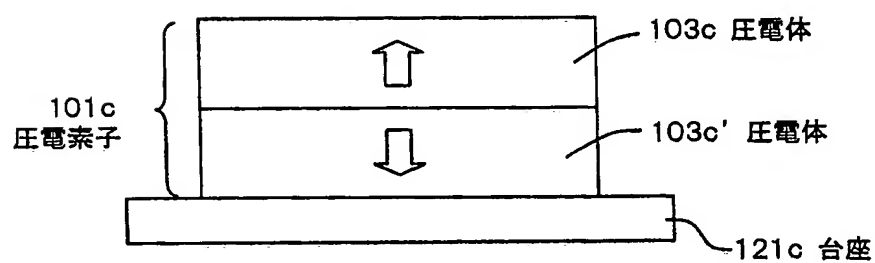
【図 12】



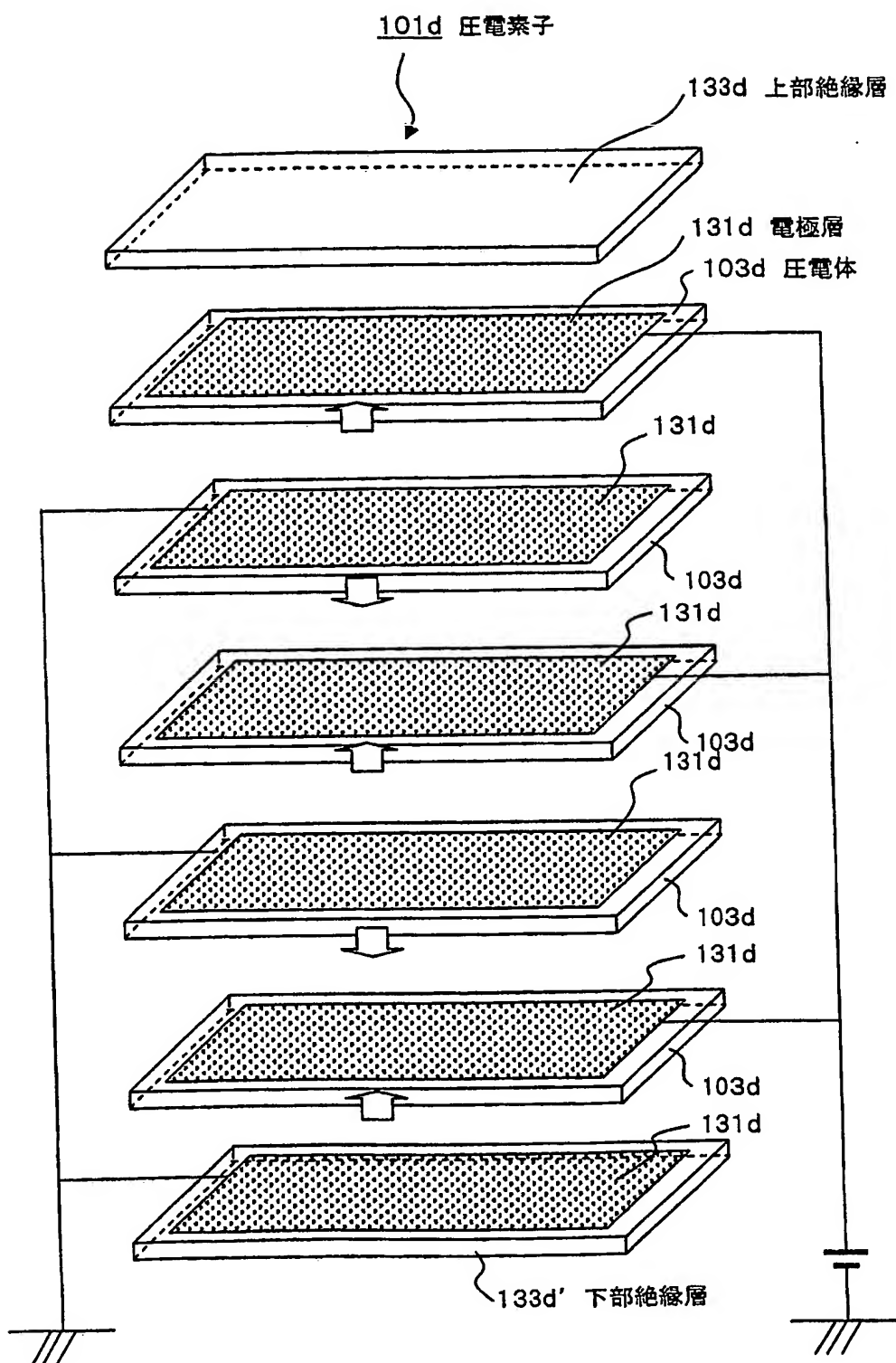
【図 13】



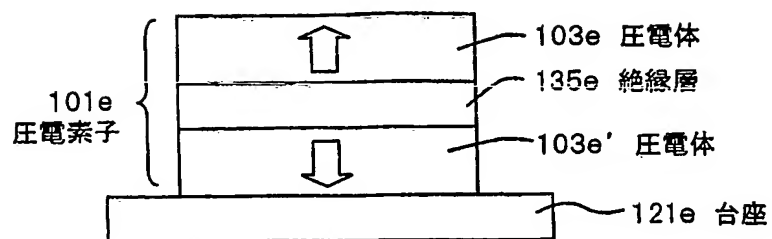
【図 14】



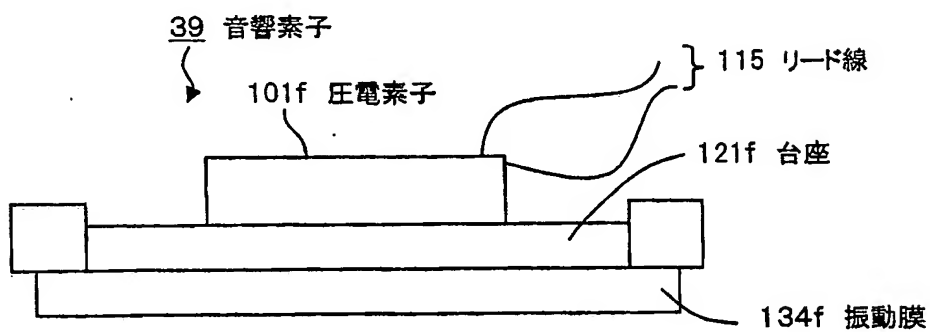
【図 15】



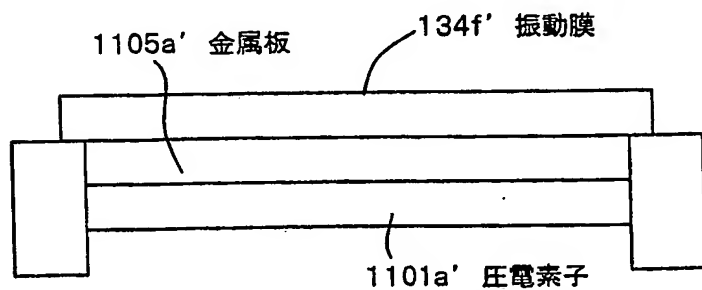
【図 16】



【図 17】

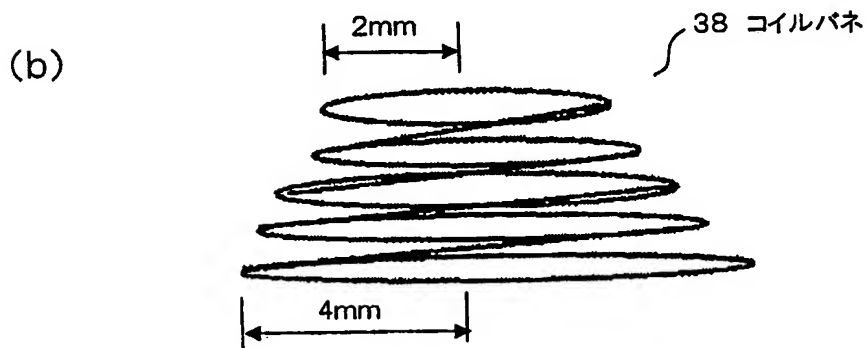
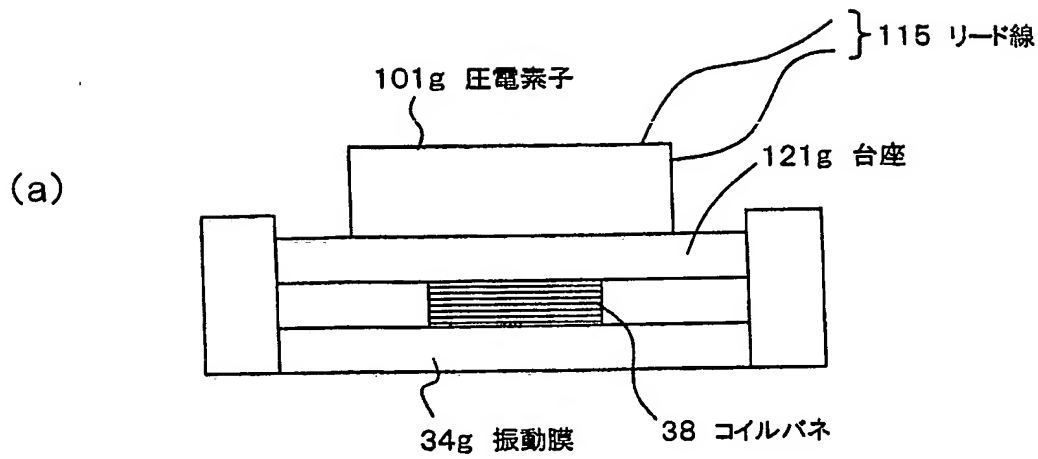


【図 18】

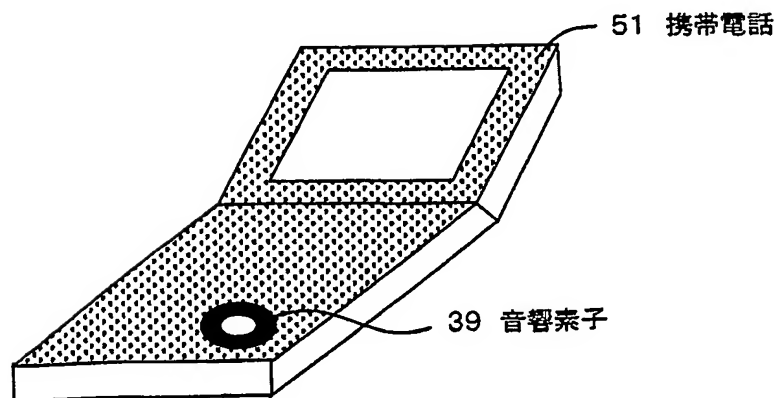




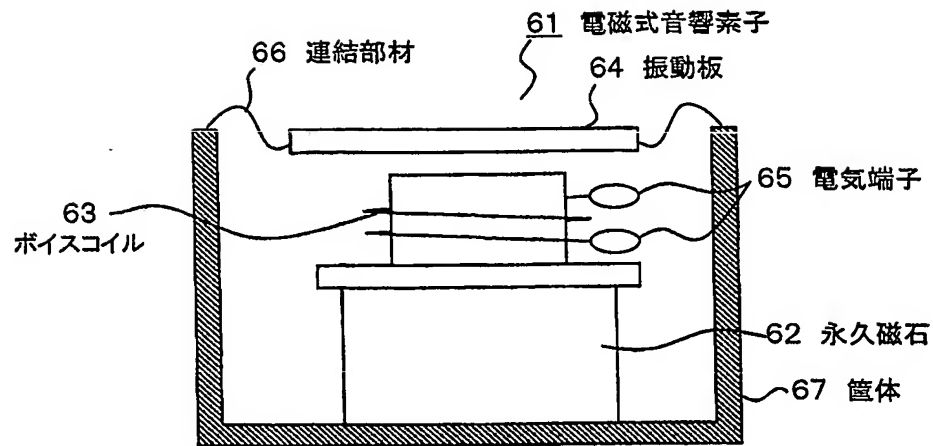
【図 19】



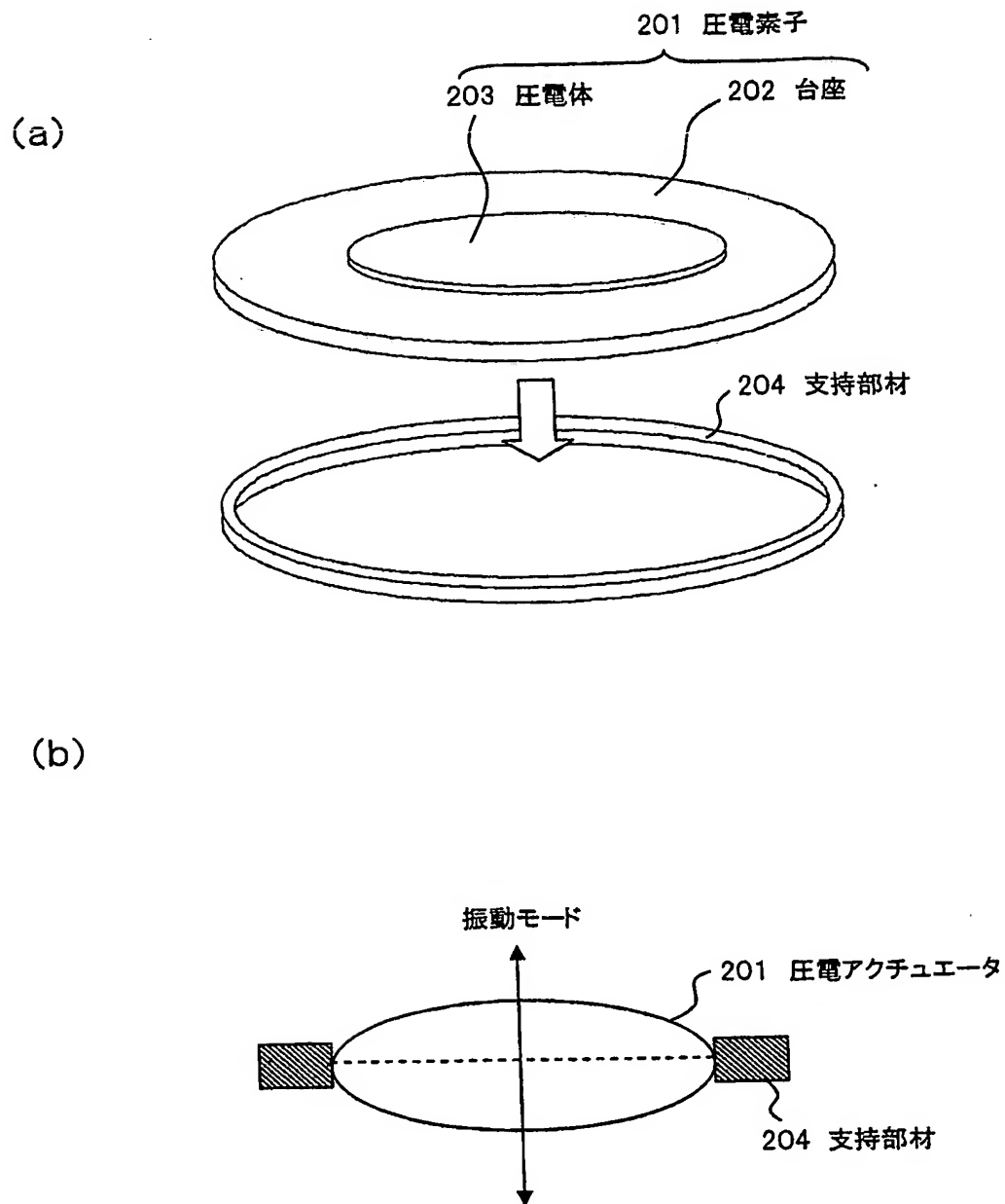
【図 20】



【図 21】



【図 22】



## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】外形寸法の増加を避けつつ、振動振幅が大きく、共振周波数の調整が可能であり、高信頼性を有する圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】圧電アクチュエータは、電界の状態に応じて少なくとも対向する2つの面が伸縮運動をする圧電体3aを有する圧電素子1aと、圧電素子1aを2つの面の少なくともいずれかで拘束する拘束部材21aと、拘束部材21aの周囲に設けられた支持部材4aと、両端の各々を拘束部材21aと支持部材4aとに固定され、拘束される面と略平行な方向に曲げの中立軸を有する複数のはり部材22aとを有する。

【選択図】図1

特願 2 0 0 3 - 4 3 2 4 5 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 3 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社